



**Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών & Πολιτικών Επιστημών
Τμήμα Οικονομικής & Περιφερειακής Ανάπτυξης**

**Μάθημα: «Διοίκηση & Αξιολόγηση Περιφερειακών
Προγραμμάτων & Έργων»**

Προγραμματισμός Πόρων Έργου

- Το πρόβλημα της κατανομής πόρων
- Διαγράμματα κατανομής πόρων στο χρόνο
- Εξομάλυνση πόρων
- Βαθμός αξιοποίησης των πόρων
- Προγραμματισμός πόρων υπό περιορισμούς
- **Προβλήματα**

Το πρόβλημα της κατανομής πόρων

Το πρόβλημα της κατανομής πόρων υφίσταται όταν υπάρχει **περιορισμένη διαθεσιμότητα** στους απαιτούμενους **πόρους** για την κατασκευή του έργου και κατά συνέπεια, ο χρονικός προγραμματισμός ενός έργου θα πρέπει να είναι τέτοιος ώστε σε καμία χρονική στιγμή να μη γίνεται **υπέρβαση** του αριθμού αυτού.

Πιο συγκεκριμένα, αν το αρχικό χρονοδιάγραμμα, όπως προκύπτει από την ανάλυση του χρονικού προγραμματισμού, λαμβάνοντας υπόψη μόνο την παράμετρο του χρόνου, οδηγεί σε απαιτήσεις πόρων υψηλότερες από το διαθέσιμο αριθμό, θα πρέπει να αναπροσαρμοστεί ώστε να αποτραπεί η υπέρβαση και να ικανοποιηθούν οι περιορισμοί.

Πέραν αυτού όμως, ακόμα και αν οι διαθέσιμοι πόροι επαρκούν, τίθεται θέμα εξομάλυνσης των αιχμών απασχόλησης/χρήσης, ώστε να γίνεται κατά το δυνατόν σταθερή απασχόληση/χρήση ενός πόρου και να μην υπάρχουν φαινόμενα υπεραπασχόλησης/υπερχρησιμοποίησης ή υποαπασχόλησης/υποχρησιμοποίησης.

Π.χ., εάν η απαίτηση για κάποιο πόρο κυμαίνεται μεταξύ 50% και 100% του διαθέσιμου αριθμού σημαίνει ότι στη διάρκεια του έργου, σε κάποιες περιόδους ο πόρος υποαπασχολείται και σε κάποιες άλλες χρησιμοποιείται στο μέγιστο.

Συνεπώς, το πρόβλημα κατανομής πόρων είναι πρόβλημα **βελτιστοποίησης** με στόχους:

- ❑ να μην υπάρχει υπέρβαση του διαθέσιμου αριθμού κάθε πόρου,
- ❑ να υπάρχει όσο το δυνατόν σταθερή απαίτηση κάθε πόρου,
- ❑ να ολοκληρωθεί το έργο στην ελάχιστη δυνατή χρονική διάρκεια.

Οι παραπάνω στόχοι συνδέουν τις δύο παραμέτρους (χρόνο και χρήση πόρων) με τρόπο ώστε η βελτίωση του αποτελέσματος ως προς τη μια παράμετρο να επιβαρύνει το αποτέλεσμα ως προς την άλλη.

Σε μια τέτοια αντικρουόμενη σχέση, η τελική επιλογή καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τους εξωτερικούς περιορισμούς, οι οριακές περιπτώσεις των οποίων σε πρακτικές εφαρμογές είναι:

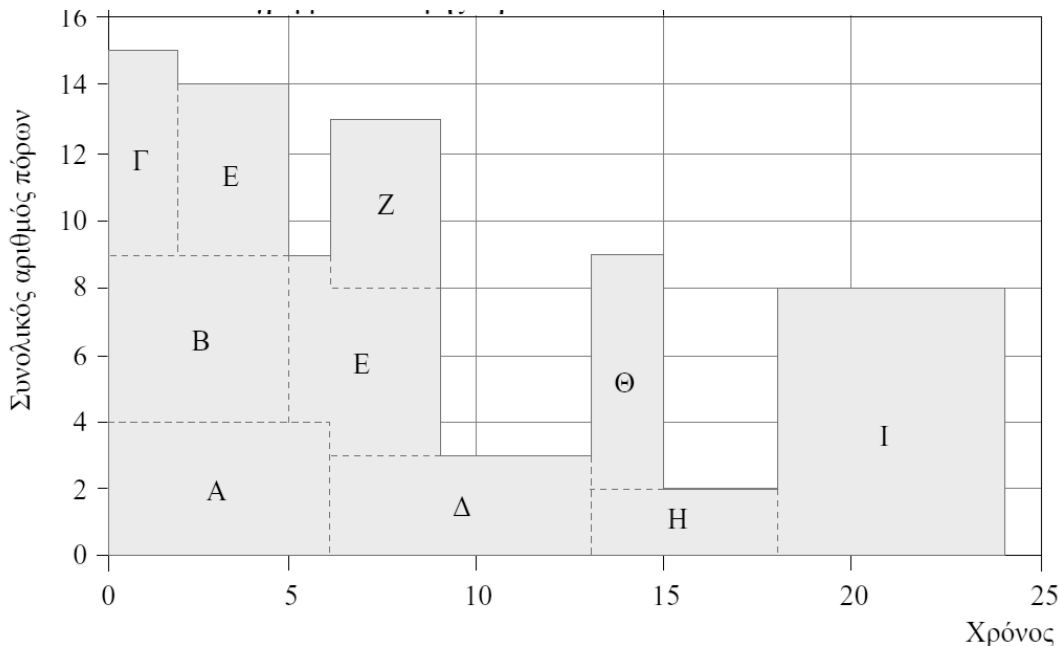
- ❑ **Περιορισμός χρόνου:** Το έργο πρέπει να ολοκληρωθεί σε συγκεκριμένο χρόνο με τη χρήση κατά το δυνατόν των λιγότερων πόρων.
- ❑ **Περιορισμός πόρων:** Το έργο πρέπει να ολοκληρωθεί το συντομότερο δυνατόν χωρίς να γίνει υπέρβαση συγκεκριμένου αριθμού πόρων. Στην κατηγορία αυτή εντάσσεται ο περιορισμός που αφορά τη χρονική κατανομή της χρηματοδότησης του έργου, η οποία είναι καθοριστικός παράγοντας της πορείας υλοποίησής του.

Η ανάλυση πόρων, προϋποθέτει το αρχικό χρονοδιάγραμμα εκτέλεσης των εργασιών και περιλαμβάνει τα κάτωθι βήματα:

1. Εκτίμηση των απαιτούμενων πόρων, είδος και ποσότητα, για κάθε εργασία.
2. Καθορισμός της συνολικής απαίτησης πόρων του έργου σε κάθε χρονική περίοδο με βάση το χρονοδιάγραμμα εκτέλεσης των εργασιών.
3. Σχεδίαση των διαγραμμάτων κατανομής πόρων στο χρόνο.
4. Καταγραφή του διαθέσιμου αριθμού πόρων ανά είδος.
5. Σύγκριση των απαιτήσεων και της διαθεσιμότητας πόρων ανά είδος. Υπολογισμός των βαθμών υποαπασχόλησης ή ανεπάρκειας των πόρων.
6. Εξομάλυνση των διαγραμμάτων πόρων με χρονική μετατόπιση επιλεγμένων εργασιών μέσα στα χρονικά περιθώριά τους.
7. Αναπρογραμματισμός των εργασιών με βάση τους περιορισμούς διαθεσιμότητας των πόρων, όπου απαιτείται.
8. Αναπρογραμματισμός των εργασιών με βάση τους χρονικούς περιορισμούς ολοκλήρωσης του έργου, όπου απαιτείται.

Διαγράμματα κατανομής πόρων στο χρόνο

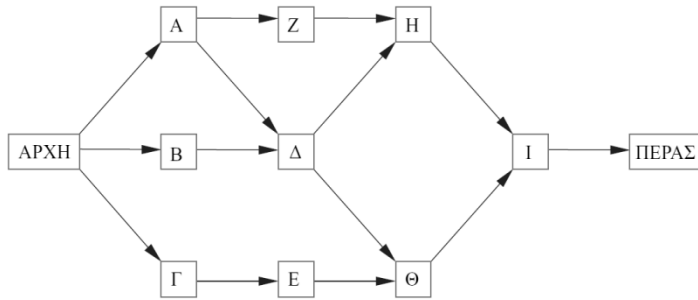
Η διαδικασία κατανομής πόρων προσδιορίζει τη συνολική ποσότητα κάθε διακεκριμένου πόρου που απαιτείται σε κάθε χρονική περίοδο ενός έργου με βάση το αρχικό χρονοδιάγραμμα υλοποίησης του έργου. Η κατανομή του κάθε πόρου στο χρόνο παρουσιάζεται εποπτικά με το διάγραμμα κατανομής πόρου.



Ο οριζόντιος άξονας του διαγράμματος είναι ο χρόνος υλοποίησης του έργου.

Οι τεταγμένες του διαγράμματος προκύπτουν συσσωρευτικά, θεωρώντας τις δραστηριότητες που εκτελούνται ταυτόχρονα σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα και προσθέτοντας τις αντίστοιχες απαιτούμενες ποσότητες του πόρου.

Παράδειγμα:

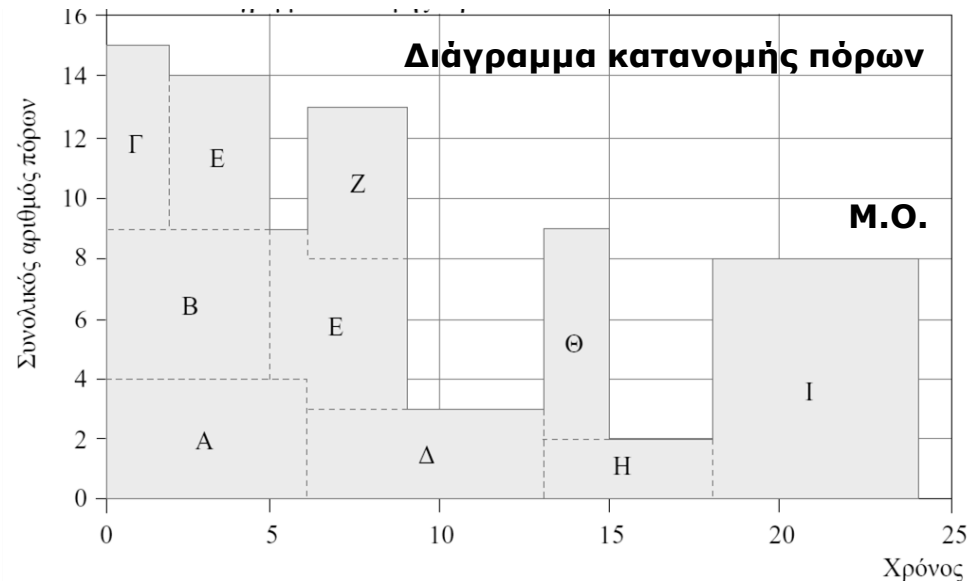
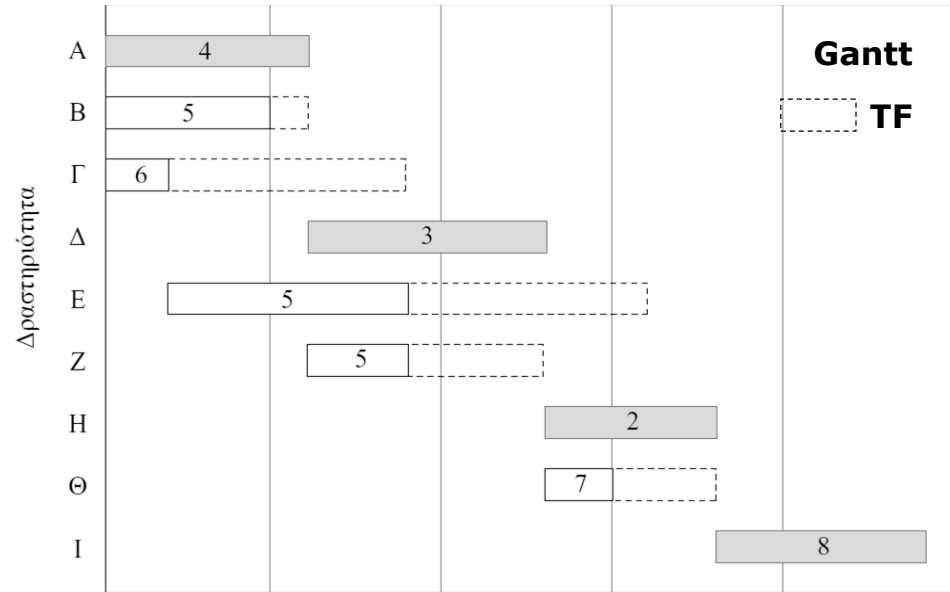


| Δραστ. | Διάρκεια (εβδομάδες) | Εργάτες/εβδομάδα | Εργατο-εβδομ. |
|---------------|----------------------|------------------|---------------|
| A | 6 | 4 | 24 |
| B | 5 | 5 | 25 |
| Γ | 2 | 6 | 12 |
| Δ | 7 | 3 | 21 |
| E | 7 | 5 | 35 |
| Z | 3 | 5 | 15 |
| H | 5 | 2 | 10 |
| Θ | 2 | 7 | 14 |
| I | 6 | 8 | 48 |
| ΣΥΝΟΛΟ | | | 204 |

Διάρκεια: 24 εβδομάδες

Μ.Ο. εργατών/εβδομάδα = $204/24 = 8.5$

Η κατανομή πόρων γίνεται πρώτα στις κρίσιμες εργασίες (τοποθετούνται στο κάτω μέρος)



Η κατανομή πόρων που προκύπτει με βάση το αρχικό χρονοδιάγραμμα παρουσιάζει συνήθως μεγάλες διακυμάνσεις. Οι αιχμές στις απαιτήσεις πόρων έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στη διαχείριση του έργου. Πιο συγκεκριμένα δημιουργούν:

- ❑ Ανάγκη διάθεσης μεγάλου αριθμού πόρων για την ικανοποίηση των παροδικά αυξημένων απαιτήσεων, με αποτέλεσμα τη σημαντική υποαπασχόληση και αδράνεια των πόρων αυτών σε περιόδους χαμηλής απαίτησης.
- ❑ Δυσκολία ή αδυναμία οργάνωσης των ομάδων εργασίας, της μεταφοράς και εγκατάστασης εξοπλισμού, της παραγγελίας, μεταφοράς και αποθήκευσης υλικών.
- ❑ Μείωση της αποδοτικότητας και εξασθένηση του ηθικού των εργαζομένων που δεν έχουν σταθερή απασχόληση, καθώς και προβλήματα που σχετίζονται με τις πληρωμές, τις προσλήψεις και τις αποζημιώσεις οι οποίες προκαλούνται από τις αυξομειώσεις του αριθμού των εργαζομένων.
- ❑ Αύξηση του κόστους λόγω της υποαπασχόλησης των πόρων, των αναγκών πρόσληψης και εκπαίδευσης νέου προσωπικού, της καταβολής αποζημιώσεων στην περίπτωση απόλυσης προσωπικού, της αναπόφευκτης σταλίας των μηχανημάτων και της απώλειας υλικών.

Για να μειωθούν οι παραπάνω επιπτώσεις, επιχειρείται ο αναπρογραμματισμός του έργου μέσω της **εξομάλυνσης των διαγραμμάτων κατανομής πόρων** ώστε να επιτευχθεί η όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφη κατανομή πόρων κατά τη διάρκεια του έργου.

Ο αναπρογραμματισμός μπορεί να βασιστεί σε μια ή περισσότερες από τις ακόλουθες λύσεις:

- ❑ **Χρονική μετακίνηση των εργασιών μέσα στα περιθώρια τους:** Αποτελεσματική χωρίς να επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις στο σχεδιασμό, προγραμματισμό και εκτέλεση του έργου. Είναι φανερό ότι, εφαρμόζεται μόνο στις μη κρίσιμες εργασίες.
- ❑ **Χρησιμοποίηση διαφορετικού αριθμού πόρων:** Αφορά εργασίες που μπορούν να εκτελεστούν με μεταβλητό αριθμό πόρων και παράλληλη προσαρμογή της διάρκειάς τους.
- ❑ **Διάσπαση δραστηριοτήτων:** Αφορά εργασίες οι οποίες είναι τεχνικά εφικτό να εκτελεστούν κατά τμήματα με ενδιάμεση διακοπή. Αυτό γίνεται ώστε οι πόροι που χρησιμοποιούνται σε μια εργασία να μετακινηθούν για κάποιο διάστημα σε άλλη εργασία πριν επιστρέψουν για να ολοκληρώσουν την εκτέλεση της αρχικής εργασίας.
- ❑ **Τροποποίηση του δικτυωτού γραφήματος:** Αφορά την περίπτωση που μια επόμενη εργασία μπορεί να αρχίσει όταν έχει περατωθεί ένα τμήμα κι όχι ολόκληρη η προηγούμενη εργασία. Οι σχέσεις διαδοχής από σχέσεις τέλους–αρχής μετατρέπονται σε σχέσεις αρχής–αρχής ή τέλους–τέλους με χρονική καθυστέρηση.
- ❑ **Χρησιμοποίηση άλλου τύπου πόρου:** Η επιλογή ενός πιο αποδοτικού μέσου εκτέλεσης μιας εργασίας οδηγεί σε μείωση του απαιτούμενου αριθμού πόρων, παράλληλα όμως αυξάνει το αντίστοιχο κόστος. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνεται η ανάθεση εκτέλεσης εργασιών ως υπεργολαβία.

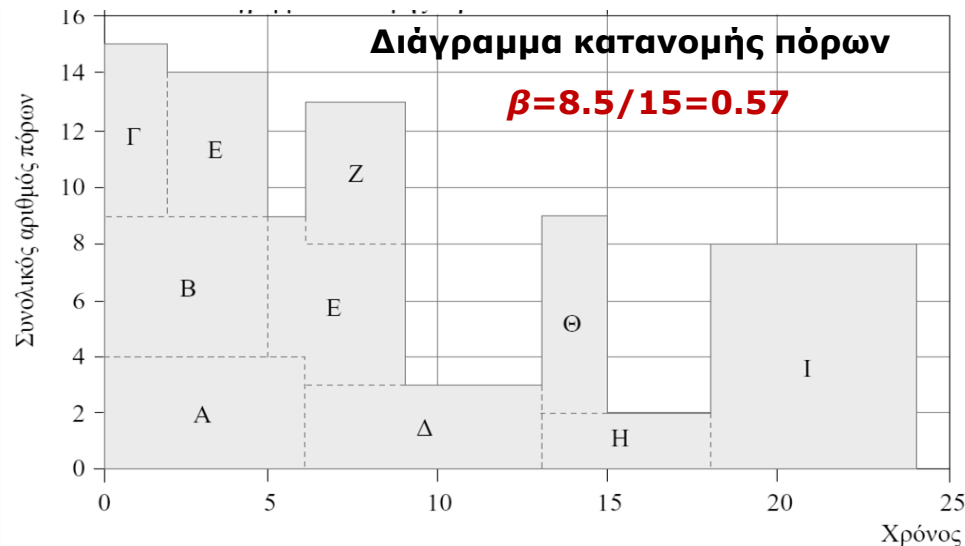
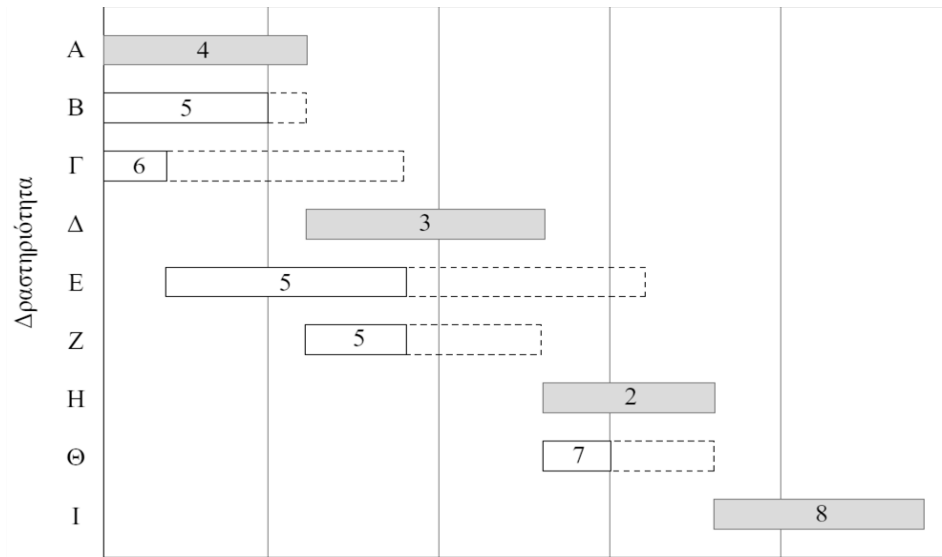
Βαθμός αξιοποίησης των πόρων

Μια παράμετρος ποσοτικοποίησης του βαθμού επίτευξης των στόχων της εξομάλυνσης είναι ο βαθμός χρησιμοποίησης (αξιοποίησης) των πόρων β , που ορίζεται ως ο λόγος:

$$\beta = \frac{\text{Μέση τιμή απαιτούμενου πόρου}}{\text{Μέγιστη τιμή απαιτούμενου πόρου}}$$

Στην ιδανική περίπτωση, όπου επιτυγχάνεται ιδανική κατανομή του διαθέσιμου πόρου σε όλη τη διάρκεια του έργου, ο βαθμός χρησιμοποίησης λαμβάνει την τιμή 1,00 (όσο πιο κοντά στην τιμή αυτή, τόσο καλύτερη είναι η εξομάλυνση του διαγράμματος των πόρων).

Βαθμός αξιοποίησης των πόρων (παράδειγμα)



Συχνά απαιτείται η βέλτιστη κατανομή πόρων υπό την ύπαρξη περιορισμών είτε στην ποσότητα είτε στο χρόνο διάθεσής τους. Οι περιορισμοί αφορούν συνήθως εργασίες που απαιτούν πολύ εξειδικευμένο προσωπικό ή μηχανήματα τα οποία δεν είναι διαθέσιμα σε απεριόριστο αριθμό και ανά πάσα στιγμή.

Χρονικοί περιορισμοί προκύπτουν όταν:

- Το έργο είναι μέρος ενός μεγαλύτερου έργου με καθορισμένη προθεσμία ολοκλήρωσης.
- Το έργο αποτελεί υπεργολαβία με συμφωνημένο χρόνο ολοκλήρωσης.
- Υπάρχουν υψηλές ποινικές ρήτρες καθυστερήσεων.

Περιορισμοί πόρων προκύπτουν όταν:

- Υπάρχει περιορισμένος αριθμός μηχανών ή προσωπικού.
- Υπάρχει περιορισμένος χώρος εργασίας των μηχανημάτων.
- Υπάρχουν απαιτήσεις ασφαλείας που περιορίζουν τον αριθμό των εργαζομένων σε ένα χώρο.
- Υπάρχει μειωμένη ροή χρηματοδότησης του έργου, η οποία επιφέρει γενικά καθυστερήσεις στην εκτέλεση των εργασιών.

Οι χρονικοί περιορισμοί και οι περιορισμοί διαθεσιμότητας των πόρων συνήθως δεν μπορούν να ικανοποιηθούν ταυτόχρονα, μιας και ο περιορισμός διαθεσιμότητας των πόρων συχνά επιβάλλει την αύξηση της διάρκειας του έργου.

Η χρονική επέκταση ενός έργου είναι η τελευταία και αναπόφευκτη λύση, αφού έχουν ελεγχθεί πρώτα οι δυνατότητες ικανοποίησης του περιορισμού των διαθέσιμων πόρων:

- Χρονική μετατόπιση των μη κρίσιμων εργασιών στα όρια των περιθωρίων τους.
- Μείωση του απαιτούμενου ύψους πόρου κάποιας ή κάποιων μη κρίσιμων εργασιών με παράλληλη αύξηση της διάρκειάς τους.
- Εκτέλεση κάποιων εργασιών τμηματικά.
- Τροποποίηση του δικτυωτού γραφήματος.
- Χρησιμοποίηση διαφορετικού είδους πόρου.

Αν η χρονική επιμήκυνση του έργου είναι παρ' όλα αυτά αναπόφευκτη, ο στόχος της ανάλυσης είναι η ελαχιστοποίηση της διάρκειας του έργου υπό τους περιορισμούς διάθεσης των πόρων.

Πρόβλημα 1

| Δραστηριότητα | Αμέσως προηγούμενη | Διάρκεια (ημέρες) | Μέγεθος συνεργείου |
|---------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| A | - | 3 | 2 |
| B | A | 6 | 3 |
| Γ | A | 7 | 2 |
| Δ | B | 1 | 4 |
| E | B | 3 | 2 |

Τα χρονικά δεδομένα και οι απαιτήσεις πόρων ενός έργου φαίνονται στον ανωτέρω πίνακα.

- Σχεδιάστε το κομβικό δικτυωτό γράφημα και υπολογίστε τα μεγέθη του χρονικού προγραμματισμού (ενωρίτερη - βραδύτερη έναρξη και ολικό περιθώριο των δραστηριοτήτων, κρίσιμη διαδρομή)
- Σχεδιάστε το ευθύγραμμο γράφημα Gantt που αντιστοιχεί στην ενωρίτερη έναρξη των δραστηριοτήτων και υπολογίστε την ημερήσια απαίτηση σε προσωπικό.
- Σχεδιάστε το διάγραμμα κατανομής προσωπικού για την περίπτωση της ενωρίτερης έναρξης των δραστηριοτήτων.

Πρόβλημα 2

| Δραστηριότητα | Αμέσως προηγούμενη | Διάρκεια (ημέρες) | Μέγεθος συνεργείου |
|---------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| A | - | 3 | 2 |
| B | A | 6 | 3 |
| Γ | A | 7 | 2 |
| Δ | B | 1 | 4 |
| E | B | 3 | 2 |

- (α) Εξομαλύνετε, κατά το δυνατόν, το διάγραμμα κατανομής προσωπικού **χωρίς να αυξηθεί η διάρκεια του έργου**.
- (β) Υποθέστε ότι διατίθενται **συνολικά για το έργο 5 εργάτες ανά ημέρα** και οι εργάτες μπορούν να εκτελέσουν οποιαδήποτε εργασία.
- (β1) Αν οι εργασίες του έργου δεν μπορούν να εκτελεστούν τμηματικά, ούτε μπορούν να εκτελεστούν με λιγότερους ή περισσότερους εργάτες από αυτούς που δίνει ο πίνακας, αναπρογραμματίστε το έργο ώστε αυτό να υλοποιηθεί με την ελάχιστη δυνατή διάρκεια.
- (β2) Αν οι εργασίες του έργου δεν μπορούν να εκτελεστούν τμηματικά, αλλά μπορούν να εκτελεστούν με μικρότερο/μεγαλύτερο αριθμό εργατών με την προϋπόθεση να αυξηθεί/μειωθεί ανάλογα η διάρκεια των (ώστε ο συνολικός αριθμός εργατο-ημερών να παραμείνει σταθερός για κάθε εργασία), αναπρογραμματίστε το έργο ώστε αυτό να υλοποιηθεί με την ελάχιστη δυνατή διάρκεια.